

论 著

CT高级建模迭代重建技术在肝脏增强扫描中的应用*

王楠竹 刘 莉 王 谦
王玉权 曾宪春*贵州省人民医院医学影像科
(贵州 贵阳 550002)

【摘要】目的 探讨高级建模迭代重建技术在肝脏CT检查中的应用价值。**方法** 临床疑似肝病且行DSCT肝脏平扫及三期扫描患者52例,对其动脉期图像分别应用常规FBP重建和ADMIRE-3级重建,对常规FBP重建和ADMIRE-3级重建所得图像质量作比较,图像的评价指标包括平均CT值、噪声SD、信号噪声比(SNR)、对比噪声比(CNR)等客观指标,及主观评分和诊断效能的比较。**结果** 与常规FBP重建比较,ADMIRE-3级重建图像客观评价指标的比较中,肝实质平均CT值无明显统计学差异($t=0.73$, $P=0.18$),而噪声SD、SNR、CNR均存在统计学差异($t=27.22$, $P=0.028$; $t=25.83$, $P=0.026$; $t=23.28$, $P=0.023$);对于主观评分存在统计学差异($t=2.29$, $P=0.042$),ADMIRE(强度3级)重建图像高于FBP重建图像;对于诊断效能的比较,两种重建图像对病变诊断无统计学差异($\chi^2=5.21$, $F=0.28$)。**结论** 高级建模迭代重建技术在肝脏CT检查中能 effectively 提高图像质量及减少图像噪声,对于临床中肝脏CT扫描具有降低扫描剂量的潜在作用,值得临床推广应用。

【关键词】 肝脏; 图像质量; 高级建模迭代重建; 辐射剂量

【中图分类号】 R333.4

【文献标识码】 A

【基金项目】 贵州省科学技术基金

(黔科合基础[2017]1109);

贵州省民族医药科学技术研究课题

(QZY-2020-18)

DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2023.05.031

Application of Advanced Modeling and Iterative Reconstruction Technology in CT Follow-up Examination of Patients with Liver Cancer*

WANG Nan-zhu, LIU Li, WANG Qian, WANG Yu-Quan, ZENG Xian-chun*.

Department of Radiology, Guizhou Provincial People's Hospital, Guiyang 550002, Guizhou Province, China

ABSTRACT

Objective To explore the application value of FORCE CT advanced modeling and iterative reconstruction technology in follow-up CT examination of patients with liver cancer. **Methods** Eighty patients with liver cancer were diagnosed clinically. After FORCE CT liver plain scan and three-phase scan, the arterial phase images were reconstructed by conventional FBP and ADMIRE-3 reconstruction respectively. The subjective scores and objective evaluation indexes of the two groups' image quality were compared (Average CT value, Noise, SNR, CNR) and diagnostic performance. **Results** Compared with conventional FBP reconstruction, the subjective scores of ADMIRE-3 reconstructed images are statistically different ($P<0.05$), ADMIRE-3 reconstructed images are higher than FBP reconstructed images; for the comparison of objective evaluation indicators, the average CT value of liver parenchyma is shown There was no statistical difference ($P>0.05$), while noise, SNR, CNR were all statistically different ($P<0.05$); for the comparison of diagnostic efficiency, the two reconstructed images had no statistical difference in the diagnosis of lesions ($P>0.05$). **Conclusion** Advanced modeling and iterative reconstruction technology can effectively reduce image noise and improve image quality in CT follow-up examinations of patients with liver cancer. It has the potential to reduce scan dose and is worthy of clinical application.

Keywords: Advanced Modeling Iterative Reconstruction; Liver Cancer; Image Quality; Follow-up Inspection.

肝脏疾病尤其是肝细胞肝癌HCC (Hepatocellular carcinoma) 呈逐年上升趋势,作为消化系统最常见的恶性肿瘤之一,发病率已跃居全球第5位^[1-2]。CT扫描作为肝脏疾病诊断出中的一种非创伤检查广泛用于临床。但肝脏病变的CT检查常需多期扫描,例如对肝癌患者的评估常需CT平扫及三期以上的增强扫描,且部分患者病程中为评估疗效需多次CT随访复查,导致辐射危害较大并越来越受到关注^[3]。高级建模迭代重建(Advanced modeled iterative reconstruction, ADMIRE)技术是基于原始数据域、图像域和模型域的迭代重建^[4-5]。相对于传统的FBP(Filtered Back-projection, 滤波反投影重建技术),文献报道^[6]ADMIRE(强度3级)所得重建图像质量明显提高,但对于肝脏检查中图像质量的提高情况未见报道。本文旨在通过对52例本院2020年10月至2021年3月期间疑肝脏疾病行CT检查患者动脉期行ADMIRE(强度3级)重建与常规FBP重建对比,探讨高级建模迭代重建技术在肝脏CT检查尤其是增强检查中的可行性。

1 材料与方法

1.1 一般资料 收集临床疑肝脏疾病于2020年10月至2021年3月期间在本院行CT增强检查患者52例(男性29例,女性23例),年龄 51.32 ± 6.92 (岁),其中最小19岁,最大81岁。

纳入标准: 体重指数 $BIM<24$ (kg/m^2)^[7],屏气实验(-),无对比剂过敏病史。本研究经过贵州省人民医院医学伦理委员会批准,所有受试者扫描前均签署知情同意书。

1.2 扫描及重建方案 采用西门子第三代双源CT(Siemens Somatom Force CT)进行肝脏CT平扫及三期(动脉期、门脉期及实质期)扫描。扫描的范围选择: 上达肝脏上缘包括膈顶,下达肝脏下缘。扫描参数: 扫描采用CARE kV和CARE Dose 4D联合自动曝光剂量调节模式扫描,其中探测器选择 $24 \times 1.2\text{mm}$,螺距选择0.9,扫描参考电流为180mAs,扫描参考电压为100kV。造影剂(碘普罗胺,德国拜耳,370mg碘/mL)注射时的速率4-4.5mL/s,注射的总量50~60mL。采用18G套管针配合CT双筒高压注射器(Medra SCT211,美国)注入。应用 Bolus Tracking团注跟踪软件监测感兴趣区平面,该研究监测感兴趣区平面选择腹主动脉第二肝门平面,触发阈值100HU,延迟2秒扫描。分别用实时迭代ADMIRE重建(强度3级)和常规FBP重建,重建中ADMIRE(强度3级和常规FBP重建卷积函数均选择Br40,重建间隔分别为0.7mm、重建层厚为1.0mm。所有数据均在西门子后处理工作站并通过3D重建界面采集及测量。

1.3 图像质量分析

1.3.1 两种重建方案所获图像的主观评分 两种重建方案所获图像的主观评分: 在隐藏病人信息和扫描参数条件下,经三位高年资以上的主治医师行双盲法评分,之后取三位主

【第一作者】王楠竹,女,副主任医师,主要研究方向:腹部影像诊断。E-mail: 397524285@qq.com

【通讯作者】曾宪春,男,主任医师,主要研究方向:腹部影像及影像新技术的临床应用。E-mail: zengxianchun04@foxmail.com

治医师平均的平均值为最终评分。其评分标准^[8]见下表(1), 其中解剖细节观察内容包含病变大小、形态及边界等信息, 当图像质量的评分达3分以上被认为能满足诊断需求。

1.3.2 两种重建方案所获图像质量的客观评价 具体采用如下评价指标。平均CT值及噪声: 选择同层面肝门、肝左右叶、皮下脂肪及背景空气分别取1.0 cm²感兴趣区(region of interest, ROI), 测3次取其平均CT值。噪声为平均CT值的标准差(standard deviation, SD), 分别计算信号噪声比(signal-to-noise ratio, SNR)和对比噪声比(constrast-noise ratio, CNR)。SNR=CT_{肝实质}/SD; CNR=(CT_{肝实质}-CT_{脂肪})/SD_{肝实质}, 其中CT_{肝实质}取肝左右叶CT值平均值。

1.3.3 诊断效能的评价 CT诊断与临床诊断的一致性评估。临床诊断只要指根据相关检查如病理、实验室检查、病原学检查等结果临床医师最后做出的综合性诊断。

1.4 统计学处理 采用SPSS 软件23.0, 对于图像客观评价指标的比较采用单样本t检验分析, 对于图像质量总体评分采用秩和检验分析。当P<0.05认为存在统计学差异。

2 结 果

2.1 两种重建方案所获图像中不同组织平均CT值的比较 见表2。采用t检验比较两组不同重建图像中肝实质、皮下脂肪及背景空气的平均CT值, t值分别为0.73、0.79、0.86, P值均>0.05。

2.2 两种重建方案所获图像中不同组织的噪声、SNR、CNR的比较 见表3。采用t检验对两组重建图像肝实质的噪声、SNR、CNR比较, t值分别29.13、27.15、26.22, P值均<0.05, 均存在统计学差异。相比FBP重建, ADMIRE-3重建图像噪声下降约14.46%;而SNR、CNR分别提高约23.39%及19.32%。而对于两组图像质量评分的比较, 当P<0.05时存在统计学差异。

2.3 两种重建方案所获图像诊断效能 见表4、图1-图6。两组重建所得图像对病灶诊断结果显示, 临床诊断61例肝脏病变中, 通过 χ^2 检验, $\chi^2=5.21$, F=0.28>0.05, 说明差异无统计学意义, ADMIRE-3与临重建与临床诊断结果完全一致。

表1 两种重建方案所得图像的主观评分标准

分值	标准
1分	完全不能分辨各解剖结构并且病灶显示模糊, 图像伪影多, 不能满足诊断要求
2分	大致分辨各解剖结构并且病灶显示不清, 细节显示不清, 部分存在伪影
3分	可较好显示各解剖结构并且病灶的显示可满足诊断基本需求, 但少数图像不能评价或存在伪影
4分	解剖结构及病灶细节显示较清楚, 图像质量较好, 偶见伪影
5分	解剖细节及病灶显示清晰, 图像质量佳, 无伪影

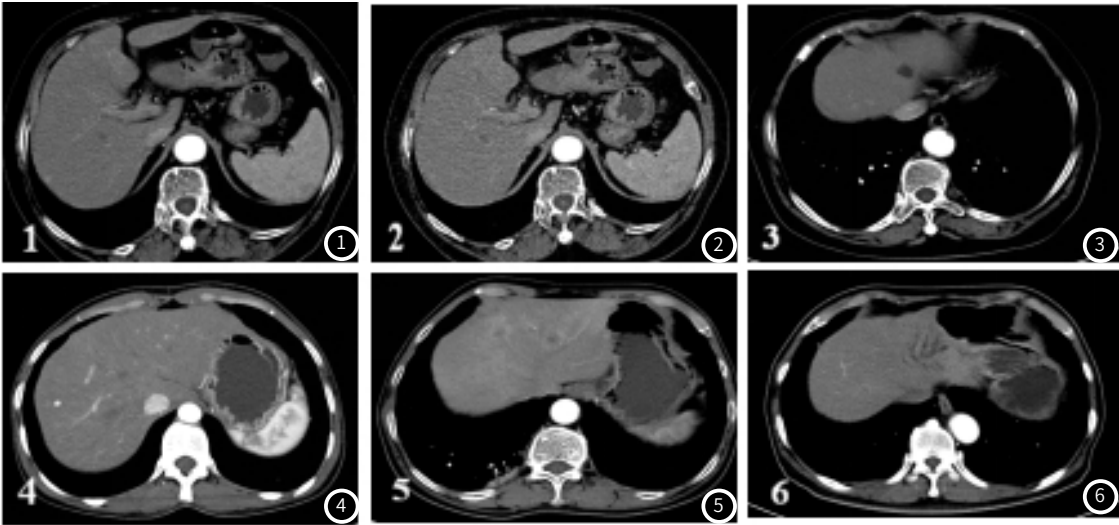


图1~图2 同一患者动脉期两种重建方法显示, 图1为ADMIRE-3重建, 图像质量评分为4.85; 图2为FBP重建, 图像质量评分为4.52; 图3~图6 不同疾病显示, 分别为: 肝囊肿、钙化、转移瘤、肝内胆管扩张。

表2 两种重建方案所获图像中不同组织CT值的比较(HU)

重建方法	肝实质	皮下脂肪	背景空气
FBP	103.34±5.76	-98.24±5.27	-1000.31±15.16
ADMIRE-3	109.12±6.27	-96.64±5.41	-998.65±15.83
t值	0.73	0.79	0.86
P值	>0.05	>0.05	>0.05

表3 两组重建图像噪声、SNR、CNR的比较

重建方法	SD(肝实质)	SNR(肝实质)	CNR(肝实质)	图像质量评分
FBP	12.52±2.11	8.25±0.37	16.10±0.80	4.44±0.09
ADMIRE-3	10.71±2.29	10.18±0.45	19.21±0.82	4.93±0.12
t值	27.22	25.83	23.28	2.29
P值	0.028	0.026	0.023	0.042

表4 两组重建图像诊断效能(例)

重建方式	囊肿(个)	血管瘤(个)	肿瘤(个)	脂肪肝	钙化	肝硬化
FBP	21	8	4	9	12	7
ADMIRE-3	21	8	4	9	12	7
临床诊断	21	8	4	9	12	7

3 讨 论

CT 图像重建的两种基本方法为迭代重建 (IR) 和解析重建 (Analytic Reconstruction, AR)。迭代重建在离散信号模型上建立, 能实现投影数据不完备以及低信噪比等特殊条件下重建图像质量仍能较优^[8]。但迭代重建受限于计算机硬件存储空间以及重建所需时间长等条件, 全球首台医用 CT 虽采用该重建, 但其后被解析重建逐步取代。且解析重建的主要代表算法 FBP 重建其后发展为图像重建的“金标准”^[9]。但随着临床精准诊断对影像质量的要求约越来越高, 以及计算机软硬件的快速发展, 重新开启迭代重建的应用研究迅速进展^[10-11]。至今迭代重建算法已发展更加精准的模型域重建, 而 ADMIRE 重建就是该重建的代表。其原理主要是以 IR 技术为基础, 在原始数据域、图像域加模型域的迭代, 在不增加或减少迭代次数的条件下获得更佳的图像质量, 在大大加快图像重建速度的同事, 明显缩短重建时间^[12-13]。

肝脏作为人体最大的腺体, 也是患病率最高的器官之一, 文件报道全球肝脏疾病人数高达13亿, 欧美约5亿, 我国竟达约4亿^[14]。因CT检查无创而被广泛应用临床肝病的诊断中, 但如何降低辐射剂量、提高图像质量的研究越来越受到重视。本研究针对肝脏CT增强动脉期行常规FBP重建和ADMIRE(强度3级)重建, 对所得图像的质量进行比较, 对于肝实质的增强CT值两种重建方案所获图像中无明显统计学差异($P<0.05$), 说明相比于“金标准”FBP重建, 实时ADMIRE(强度3级)重建对组织的CT值影响较小。ADMIRE(强度3级)重建图像的噪声相比FBP重建图像降低约14.46%, SNR及CNR较FBP重建提高约23.39%及19.32%; 主观评分绝对值ADMIRE(强度3级)重建高于FBP重建约11.37%。并且以上两种重建方案在主客观评估上均存在统计学差异($P<0.05$)。此外, 两种重建方案所获图像的诊断效能比较显示, 对于肿块数目、大小形态及肿瘤边缘, 以及供血血管及门静脉侵犯的显示分析, 两种重建方式所得结果等效。进一步说明高级建模迭代重建技术在肝癌患者CT随访检查中可提高图像质量的同时有效的降低图像噪声。王苑丁等^[14]对比了两种重建技术对冠状动脉CT血管成像质量影响, 研究发现ADMIRE图像噪声较FBP图像降低18.3%, 而SNR和CNR升高22.3%及22.4%, 主观评分绝对值升高约14%, 与本研究结果基本一致。本研究存在一定局限, 其一是本组资料结合前期文献只选择了ADMIRE(强度3级)重建作比较, 未对其它强度级别的重建图像比较; 其二根据《中国成人超重与肥胖症预防控制指南》^[15]未将超重或肥胖($BMI>24\text{kg}/\text{m}^2$)的病例纳入, 将在其后研究中进一步完善。

总之, 在肝病CT随访复查中, 高级建模迭代重建尤其ADMIRE(强度3级)技术在肝脏CT检查中能有效提高图像质量及减少图像噪声, 对于临床中肝脏CT扫描具有降低扫描剂量的潜在作用, 值得临床推广应用。

参考文献

- [1] 蔡建平, 周湘鸿, 余海波, 等. miR-100的表达在肝细胞肝癌侵袭和转移中临床意义的研究[J]. 中华肝脏病杂志, 2020, 28(11): 930-935.
- [2] 曾昭冲, 陈一兴. 原发性肝癌放射治疗专家共识(2020年版)[J]. 临床肿瘤学杂志, 2020, 25(10): 935-946.
- [3] 王苑丁, 康德强, 白玫, 等. 不同强度高级迭代重建算法在不同噪声水平下对图像质量的影响: 体模研究[J]. 中国医学影像技术, 2019, 35(06): 914-919.
- [4] 唐雷, 周瑶, 曾宪春等. 基于第3代双源CT模拟婴幼儿颅脑低剂量扫描的实验研究[J]. 中国医学影像技术, 2018, 34(07): 964-968.
- [5] 陈春明, 孔灵芝. 中国成人超重与肥胖症预防控制指南[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2006: 3.
- [6] Florian F, Behrendt MD, Bernhard Schmidt, et al. Image Fusion in Dual Energy Computed Tomography: Effect on Contrast Enhancement, Signal-to-Noise Ratio and Image Quality in Computed Tomography Angiography[J]. Investigative Radiology, 2009, 44(1): 1-7.
- [7] 樊文哲, 孙雪梅, 吴德全. 基质硬度与肝癌细胞增殖及侵袭转移的关系[J]. 肝胆胰外科杂志, 2021, 33(2): 125-129.
- [8] 张小勇, 唐雷, 曾宪春等. 低管电压联合迭代重建技术在新型冠状病毒肺炎诊疗中的应用[J]. 中国中西医结合影像学杂志, 2020, 18(06): 560-563.
- [9] 杨鹏, 何洋, 李成, 等. 微小核糖核酸-7调控表皮细胞生长因子受体对肝癌细胞增殖和转移的影响[J]. 介入放射学杂志, 2021, 30(1): 43-47.
- [10] 陈春妙, 林桂涵, 吴徐璐, 等. 基于高级模型迭代重建算法的低管电压CT扫描对上腹部图像质量及辐射剂量的影响[J]. 温州医科大学学报, 2020, 50(1): 56-59+64.
- [11] 曾宪春, 王玉权, 韩丹, 等. 基于迭代重建的SAFIRE技术在肝脏CT扫描中的应用价值[J]. 实用放射学杂志, 2014, 8(30): 126-129.
- [12] 余鑫, 陆泓宇, 郑兴菊等. 第3代双源CT低剂量胰腺CT灌注成像初探[J]. 放射学实践, 2019, 34(05): 518-524.
- [13] 施辉友, 陆泓宇, 崔学龙, 等. 第三代双源CT低管电压联合高级建模迭代重建在儿童腺样体检查中的价值[J]. 实用医学杂志, 2019, 35(4): 641-644.
- [14] 王苑丁, 姚新宇, 苏壮志, 等. 应用高级迭代重建改善低剂量冠状动脉CT血管成像图像质量的研究[J]. 医学影像学杂志, 2017, 27(5): 819-824.
- [15] 中国肥胖问题工作组. 中国成人超重与肥胖症预防与控制指南(节录)[J]. 营养学报, 2004, 26(1): 1-4.

(收稿日期: 2022-04-25)

(校对编辑: 姚丽娜)